

APRENDER GEOMETRÍA APLICADA EN EL SIGLO XXI: REALIDAD Y CONTEXTO

Roberto NARVÁEZ RODRÍGUEZ
María AGUILAR ALEJANDRE

Universidad de Sevilla
Departamento de Ingeniería Gráfica

Abstract

Since the early nineties until these days, the amount of contributions about the benefits of CAD systems in the development of the Descriptive Geometry has significantly increased. The reasons why these innovations should be assumed have never been clearly expressed, and if they were, they were not understood at all. In any case, the current situation differs far away from the one in the nineties. Because of that the authors of this paper point out that a deep analysis and recapitulation of the current conditions on the subject should be made. This new frame pressurizes the traditional methods of learning descriptive geometry and justifies a necessary revision of the discipline itself, especially applied to the new undergraduate degrees courses. The goal of this paper is to study this situation from four different contexts, one of each presenting several requirements and expectations from the field of Descriptive Geometry in Bachelor degrees.

INTRODUCCIÓN

Desde principios de los noventa hasta nuestros días, las aportaciones realizadas sobre los avances producidos en Geometría Descriptiva debido al uso de los sistemas de CAD, han experimentado un notable crecimiento. Tanto la comunidad científica nacional como internacional, así como distintos grupos de profesionales y docentes han canalizado nuevos enfoques en este sentido que manifiestan un gran compromiso con la geometría aplicada a la arquitectura y la ingeniería del siglo XXI.

Sin embargo, y aunque dichas aportaciones han llegado a ser comúnmente aceptadas en congresos internacionales del área, todavía existen algunos países donde importantes grupos de profesores cuestionan la vinculación docente entre la geometría aplicada (geometría descriptiva) y los sistemas de CAD, especialmente en el espacio tridimensional. En estos casos, los docentes continúan enseñando geometría aplicada a la arquitectura y la ingeniería con los métodos tradicionales de Monge desarrollados hace más de dos siglos.

Quizás en algún momento determinado debieron darse explicaciones del porqué asumir dichas innovaciones. O si se dieron, quizás no tuvieron el suficiente calado. Y en cualquier caso, la situación actual es distinta a la de principios de los años noventa. Por este motivo, y antes de seguir aportando nuevas ideas en este sentido, los autores de esta comunicación piensan que es el momento de recapitular y analizar los factores que, en la actualidad, ejercen una presión evidente sobre los planteamientos convencionales de la geometría descriptiva y que justifican una profunda revisión de la disciplina, especialmente para los nuevos títulos de grado.

OBJETIVOS

Como primer paso, se propone un análisis del estado actual desde cuatro contextos distintos, cada uno de los cuales tiene demandas y expectativas sobre la geometría descriptiva en dichas titulaciones. En primer lugar, el contexto tecnológico, en constante cambio y ofreciendo nuevas posibilidades. En segundo lugar, las nuevas demandas y expectativas de la sociedad, el mercado laboral y las actuales necesidades del estudiante universitario. A continuación se analiza el Espacio Europeo de Educación superior con su nueva estructura de títulos. Y por último, pero no menos importante, las recientes muestras de sensibilidad internacional ante esta situación, especialmente en la geometría arquitectónica. Una vez realizado y expuesto el análisis, la pregunta que a modo de hipótesis se plantea es ¿responde la docencia actual de la geometría a las expectativas de estos contextos?

Finalmente se pretende analizar y comparar el concepto de representación utilizado por la representación convencional con el utilizado por los sistemas de CAD 3D. La intención es demostrar el potencial de éstos últimos como herramienta que puede responder a los nuevos requerimientos analizados inicialmente.



Nuestra integración en el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) conlleva una serie de cambios más allá de la mera adopción de un nuevo sistema de créditos (el ECTS-European Credit Transfer System). El alumno adquiere ahora un papel protagonista en el sistema educativo universitario, siendo necesario una revisión de las metodologías docentes para orientarlas hacia el aprendizaje y no hacia la docencia, como tradicionalmente ha ocurrido en la Universidad. Un aprendizaje que debe realizarse en un tiempo cuantificado (limitado) y controlado por la actividad docente para asegurar el éxito del sistema.

La enseñanza en las titulaciones de Grado debe plantearse orientada a la preparación para el ejercicio de actividades de carácter profesional (RD 1393/2007), teniendo en cuenta que las posibilidades de educación no terminan aquí. Esto también implica cambios en la forma de establecer los objetivos docentes para las titulaciones de grado, orientándose ahora hacia el aprendizaje para el desarrollo de competencias, más que a la acumulación de contenidos.

El uso generalizado por otra parte de nuevas tecnologías de la información y comunicación, no sólo proporciona una importante herramienta de apoyo en el desempeño de las actividades docentes para este nuevo enfoque, si no que en el caso de la Geometría Descriptiva (GD) significan un cambio conceptual que afecta a los planteamientos convencionales de la propia disciplina. Desde la aparición de los sistemas de CAD 3D, los procedimientos conceptuales de la GD para operar en el plano sobre elementos del espacio entran en crisis ante la posibilidad de trabajar directamente sobre representaciones gráficas tridimensionales en el espacio virtual proporcionado por estos sistemas.

La actitud actual del profesorado de GD, en el área de Expresión Gráfica Arquitectónica, respecto al uso de sistemas de CAD 3D en la docencia es diversa. En muchos casos se obvian, impartándose la docencia con los mismos procedimientos instaurados por Monge hace más de 200 años. En otros casos, aunque el alumno utilice estos procedimientos convencionales, el profesorado utiliza los sistemas de CAD 3D como una herramienta docente de apoyo para facilitar la visión espacial de los problemas planteados. Finalmente, en los últimos años están proliferando, aunque de manera dispersa y poco coordinada, nuevas experiencias en las que es el alumno, bajo la tutela del profesor, quién maneja el CAD 3D como herramienta de trabajo en la asignatura.

En este último sentido, en la actual Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de la Universidad de Sevilla, se llevan realizando experiencias con el alumnado desde 1999, aunque oficialmente se implantara por primera vez en un solo subgrupo de prácticas y bajo el amparo de un proyecto de innovación docente en el curso 2002-03. Desde entonces, el número de grupos que utilizaran el CAD 3D como herramienta de trabajo del estudiante ha aumentado progresivamente en esta escuela hasta llegar a cuatro grupos completos (12 subgrupos de prácticas) en 2008-09.

Este propósito de análisis se piensa que es necesario, puesto que de las distintas experiencias llevadas a cabo en España en escuelas de Arquitectura, Arquitectura Técnica e Ingeniería de Edificación podría decirse que: son aisladas, relativamente recientes, surgen habitualmente de inquietudes por parte de profesores o grupos de profesores que no tienen mucho más contacto que el de los congresos bianuales donde se comparten ciertas experiencias, y por último, y quizás lo más importante, es que debido a la novedad de estas propuestas no existe un modelo sistematizado de referencia como ocurre con el modelo de Monge para la Geometría Descriptiva convencional. La pertinencia de la investigación llevada a cabo en este trabajo se justifica principalmente desde cuatro ámbitos, que en la práctica se relacionan entre sí y que en conjunto producen una situación de tensión en la docencia de la GD dentro de las nuevas titulaciones de grado en el Área de Expresión Gráfica Arquitectónica.

Estos ámbitos son: el contexto tecnológico y la crisis metodológica que éste ha producido en la GD, el contexto social y personal de la actividad universitaria actual, el nuevo contexto académico o institucional al que se le exigen nuevas metodologías para nuestra integración en el EEES y el contexto internacional el cual debe ser conocido y asimilado por cualquier profesional con aspiraciones e inquietudes.

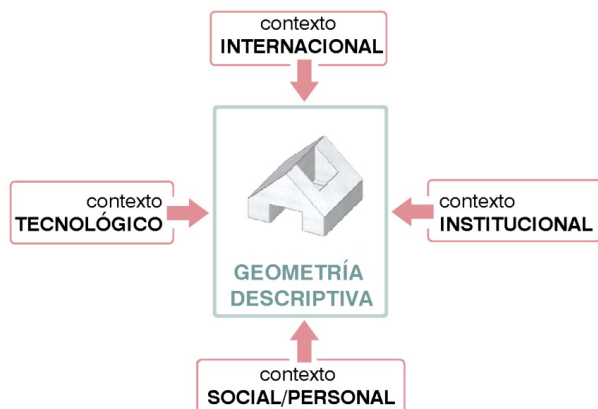


Fig 1. Ámbitos de presión sobre la GD en titulaciones de grado. 2012. Elaboración propia.

CONTEXTO TECNOLÓGICO Y CRISIS METODOLÓGICA

La Geometría Descriptiva existe como forma de conocimiento desde la antigüedad, pero fue Gaspar Monge quien la instauró como ciencia, sistematizando los procedimientos para la representación y el estudio del espacio.

Sin embargo, desde la aparición de nuevas tecnologías informáticas y los sistemas de C.A.D. en la década de los 50 se produce una revolución en las herramientas y los resultados de la representación técnica.

Para analizar las presiones que las nuevas tecnologías ejercen sobre la GD, y su enseñanza-aprendizaje, conviene distinguir entre distintas etapas en la evolución de los sistemas de CAD.

Sistemas de CAD 2D

El uso de la representación plana (2D) ha sido la base para la materialización de las operaciones propias de la GD desde su instauración como ciencia. Así se ha mantenido casi hasta la actualidad como única forma de expresión gráfica y de hecho, aún hoy se siguen considerando los dibujos planos como material imprescindible en la definición de los proyectos de ingeniería o arquitectura, ya sea para su comunicación entre técnicos que intervienen en el proceso o para su definición ante clientes y otras entidades públicas o privadas.

En este sentido la aparición de los sistemas de CAD 2D no significan ningún cambio en los procedimientos propios de la geometría descriptiva, puesto que el ordenador se usa como una herramienta de representación gráfica bidimensional.

Ahora bien, las ventajas que estos sistemas aportan en cuanto a precisión, eficiencia, flexibilidad y tratamiento de la información, ponen en crisis la instrumentación tradicional para la representación, tanto en el ámbito profesional, donde no se duda en acogerse a las ventajas de los nuevos métodos, como en el ámbito académico, donde aún hoy, inexplicablemente, nos seguimos planteando la conveniencia o no de estas tecnologías para la formación del técnico, que tendrá que usarlas inevitablemente en el desarrollo de su vida profesional.

Sistemas de CAD 3D

Aunque el objeto de la GD es representar, estudiar y operar de manera exacta con elementos tridimensionales, esta ciencia asume desde sus inicios la representación plana como medio para su materialización. La elección de este medio está indudablemente ligada a la tecnología que existía para la representación gráfica, tanto en aquella época, como en otras miles de años atrás, que consistía en el dibujo sobre un plano.

El uso del dibujo plano para la representación del espacio condicionó totalmente a la ciencia a la hora de establecer sus procedimientos, tanto conceptuales como materiales. En este sentido la aparición de los sistemas de CAD 3D (de finales de la década de los 70) significan, no sólo un avance instrumental, sino una revolución conceptual que afecta a los procedimientos propios de la disciplina.

Sin embargo, y aunque cada vez hay más iniciativas, en el mundo académico aún no se ha llegado a una implantación generalizada para el estudio de la Geometría en las titulaciones técnicas en España, utilizándose



todavía en muchos casos métodos de hace más de 200 años.

Sistemas de CAD 4D

Los sistemas de CAD 4D empezaron a desarrollarse a mediados de los años 80 (Kahan & Madrid, 1987) y consisten en la combinación modelos de CAD 3D con información constructiva y temporal de un proyecto.

Suponen una alternativa a las herramientas convencionales de planificación y programación de obra, llegando conformar un nuevo sistema para la gestión integral del proceso constructivo. Utiliza un interface visual que es inteligible por todos los agentes intervinientes, ya sea técnicos o no, permitiendo una comunicación fluida en cada momento del proceso y evitando errores de interpretación.

Estudios sobre la aplicación de estos sistemas han demostrado que la gestión de proyectos usando modelos 4D tienen mayor probabilidad de asignar los recursos (p.e. diseño temporal, revisiones con el promotor, actividades de gestión...) de una forma más eficiente que aquellos que no usan modelos 4D (Issa et al, 2003).

Es previsible que esta nueva forma de concebir la gestión de los procesos constructivos se implante poco a poco en el mercado y llegue a ser una herramienta habitual en nuestro ámbito profesional. Precisamente en los últimos años se está asistiendo al boom de los sistemas BIM (Building Information Modelling), que en definitiva es la generalización del CAD 4D y que, en vista de la evolución de la oferta de software, se puede producir próximamente una revolución que afectaría a todas las áreas de la Edificación. Pero la base de estas herramientas es el modelo gráfico 3D, razón por la cual los estudiantes actuales deben adquirir las competencias, desde el fundamento geométrico, para la generación de estos modelos.

CONTEXTO SOCIAL Y PERSONAL

En este contexto se incluyen las demandas de la sociedad a las que tiene que responder la Universidad, así como la situación personal del alumnado desde su posición intermedia entre ambos contextos, el social y el institucional (universitario).

En la actualidad, el alumnado tiene una gran importancia en el concepto educativo universitario, prueba de ello es el hecho de que se haya convertido en el elemento de referencia en la confección del ECTS, y por consiguiente, en la pieza alrededor de la cual debe articularse la docencia.

El marco de incidencia social que condiciona al alumno viene en parte definido por el mundo del empleo. El alumno universitario está en la mayoría de los casos interesado en su formación con una intención clara de incorporarse al mercado laboral, por lo que sus expectativas sobre la docencia se centran en gran parte en la obtención de competencias para resolver las cuestiones propias de la profesión demandadas por la sociedad.

Desde la GD es importante analizar la situación del alumnado que afronta la asignatura, para intentar llegar a un punto de acuerdo entre sus expectativas y el planteamiento docente que se le ofrece. Cuando este acuerdo no se produce, aparecen una serie de connotaciones negativas que perjudican claramente a la docencia y que, entre otros, pueden traducirse en los siguientes síntomas:

Alto grado de abandono en la asignatura, que provoca que el número de aptos en función de los matriculados sea notablemente escaso.

Desinterés en el aprendizaje de la asignatura, encontrándose la única motivación en el aprobado de la misma.

Interés por el aprendizaje de la asignatura, pero incapacidad de seguir su desarrollo, en muchos casos propiciados por una descoordinación entre la formación secundaria y las exigencias de partida de la asignatura.

Para que no se produzcan estos síntomas de fracaso en la docencia de la GD, es necesario mirar al exterior de la Universidad para contextualizar a la disciplina en el mundo profesional, analizando las competencias necesarias y las herramientas y procedimientos utilizados en la actualidad, en aras de acercarse lo máximo posible al punto de acuerdo deseado.

CONTEXTO INSTITUCIONAL

El Espacio Europeo de Educación Superior (EEES)

No cabe duda que el proceso educativo posee una complejidad inherente. Además de los factores internos y particulares de la persona que aprende (sujeto), existen multitud de factores externos a la persona que condicionan el proceso de una manera ineludible (contexto).

El contexto institucional español que regula este proceso se encuentra actualmente inmerso en la adaptación de nuestro Sistema Universitario al EEES, lo que supone la incorporación de nuevos conceptos a la docencia que demandan un importante cambio conceptual respecto a la tradición universitaria establecida.

Para empezar se establece una nueva estructura de las enseñanzas universitarias oficiales, distinguiéndose entre las de Grado, Máster y Doctorado, cuyas finalidades quedan especificadas en la normativa (RD 1393/2007), correspondiente del Ministerio de Educación y Ciencia. En dicha normativa se incide en que las enseñanzas de Grado habrán de orientarse a preparar al estudiantado para la actividad profesional, las de Máster se han de centrar en la especialización profesional y/o el inicio de la actividad investigadora, finalizando con los estudios de Doctorado dirigidos a la formación avanzada del estudiante en técnicas de investigación.

Como se puede apreciar, la educación universitaria no termina en la titulación de grado, y ésta se orienta al ejercicio profesional, por lo que los requerimientos docentes para las enseñanzas de grado no son exactamente los mismos que para las titulaciones de primer y segundo ciclo del antiguo sistema.

La docencia de la GD debe tener en cuenta estos requerimientos y replantearse desde una revisión profunda los contenidos realmente necesarios para el ejercicio de la profesión, reservándose el resto de contenidos para las titulaciones de postgrado.

El Sistema Europeo de Transferencia y Acumulación de Créditos (ECTS)

Mientras que el sistema LRU se basa en las horas de docencia, teórica o práctica, impartidas por el profesor, el ECTS propone que el crédito europeo se defina como la unidad de valoración de la actividad académica en la que se integran las enseñanzas teóricas y prácticas, así como otras actividades académicas dirigidas y el volumen de trabajo que el estudiante debe realizar para alcanzar los objetivos educativos.

La diferencia con respecto al crédito LRU es notable, el profesor debe planificar y cuantificar ahora todo el trabajo que el estudiante debe realizar en el desarrollo de la asignatura, ya sea presencial o no presencial.

Este trabajo tiene una limitación temporal establecida por el número de créditos de la asignatura, y es importante destacar que en esta es una de las claves del éxito de implantación del nuevo sistema. Éxito académico, que por otra parte debe estar garantizado si el alumno sigue realmente la programación de la asignatura, por lo que el aprendizaje pasa a ser también responsabilidad del profesorado, y no sólo del alumno.

Desde la GD, al igual que desde el resto de asignaturas, debe revisarse si realmente las tareas necesarias para superar la asignatura cumplen con la limitación temporal establecida por el número de créditos asignados. Tarea que evidentemente no es fácil, y que es posible que lleve más de un curso académico para ajustar los tiempos medios necesitados por el estudiante.

Aprendizaje basado en competencias

Con el cambio de la unidad de medida del haber académico, el elemento de referencia ya no es la enseñanza impartida por el profesor, sino el aprendizaje alcanzado por el alumno. Un aprendizaje que debe encaminarse a unos objetivos que, como se vio anteriormente, para las titulaciones de grado es la preparación para el ejercicio de actividades de carácter profesional.

En respuesta a las necesidades de este aprendizaje vinculado a la actividad profesional surge en el concepto de aprendizaje basado en competencias. En este modelo de formación los contenidos pasan a un segundo plano, lo que implica otro importante cambio con respecto a nuestra tradición docente. Se hace necesario realizar una reordenación conceptual del currículo en búsqueda de nuevas metodologías que favorezcan una posición activa del estudiante para la adquisición de competencias.



CONTEXTO INTERNACIONAL

Por último, y no menos importante, aparece el contexto internacional, el cual ya ha asumido los sistemas de CAD 3D como una herramienta indiscutible para el estudio de la geometría aplicada a la ingeniería y la arquitectura. Prueba de ello son publicaciones como *Architectural Geometry* (Pottman 2007) o los congresos bianuales titulados *Advances in Architectural Geometry (2008)*, donde se proponen, discuten y publican los últimos avances en esta materia.

En este sentido, es importante destacar dos cuestiones, la primera es que a dichas reuniones acuden representantes de estudios y oficinas de arquitectura e ingeniería de reconocido prestigio con la intención de dar a conocer nuevos hallazgos sobre geometría aplicada. Si analizamos la mayoría de aportaciones, se puede concluir rápidamente que no es que los sistemas de CAD 3D sean una herramienta importante en estos trabajos, sino que no podrían haberse llevado a cabo sin la existencia de los mismos.

La segunda cuestión es que si queremos formar a un estudiante en el seno de un "Espacio Europeo", éste, como futuro profesional, no puede permanecer ajeno a los avances que en su ámbito se están produciendo, es más, ha de conocerlos y participar en ellos.

GEOMETRÍA DESCRIPTIVA. CIENCIA Y COMETIDO

Aunque el cometido de la GD es representar, estudiar y operar gráficamente y de manera exacta con objetos tridimensionales, esta ciencia asume la expresión gráfica plana como único medio disponible para su materialización en el momento histórico de su sistematización por Monge. Por lo tanto, la representación plana en la GD debe considerarse como un procedimiento para alcanzar su cometido, procedimiento que, como en todas las ciencias, podrá sustituirse por otros que, permitan alcanzar los resultados de una manera más objetiva y eficiente.

El ordenador y los sistemas de CAD 3D, proporcionan ahora un espacio virtual en el que se pueden realizar representaciones gráficas tridimensionales sin necesidad de vincular nuestra tarea a procedimientos de geometría plana, facilitando enormemente la visualización, el estudio y las operaciones, que pueden realizarse directamente sobre la geometría del espacio, adquiriendo el proceso una potencialidad y fluidez inalcanzable por los procedimientos convencionales.

Tanto el cometido último de la ciencia como su uso en las titulaciones técnicas para el desarrollo de la visión o pensamiento espacial, no sólo no cambian con estos nuevos procedimientos, sino que se amplían las posibilidades de estudio, a nuevas formas geométricas de una complejidad prácticamente inalcanzable mediante los procedimientos tradicionales de representación plana.

La generación de modelos geométricos tridimensionales está totalmente implantada y aceptada en el mundo profesional, no sólo utilizada como un fin en sí mismo, sino como base para otras actuaciones como son el cálculo de estructuras arquitectónicas, las mediciones, la comunicación con personas ajenas a la formación técnica, etc. Es en el ámbito de la docencia universitaria donde todavía se debate sobre su uso como herramienta para el aprendizaje de la GD.

REPRESENTACIÓN TÉCNICA Y CAD 3D

La Geometría Descriptiva se ha considerado tradicionalmente como la gramática del lenguaje gráfico utilizado para la representación técnica, siendo la ciencia reguladora de los procedimientos necesarios para la obtención de resultados precisos y objetivos en el estudio de cuerpos tridimensionales, atendiendo por tanto a la magnitud y forma exacta de los mismos.

Proceso conceptual de representación

El lenguaje gráfico utilizado en la representación técnica de objetos tridimensionales se basa en los conceptos abstractos de puntos, líneas y superficies. Lo representado es una abstracción geométrica e iconográfica del elemento objeto de representación, por existir una fuerte relación de parecido entre ambos conceptos (representación y objeto representado).

Esto implica la necesidad de un método propio que permita realizar la conversión objeto-representación en cada proceso representativo. Este método o camino a recorrer podría describirse con el modelo expuesto en la Figura 2.

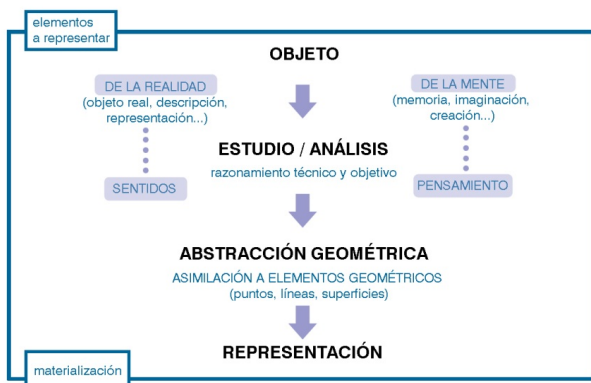


Fig.2 Modelo de análisis del proceso conceptual de representación. 2012. Elaboración propia.

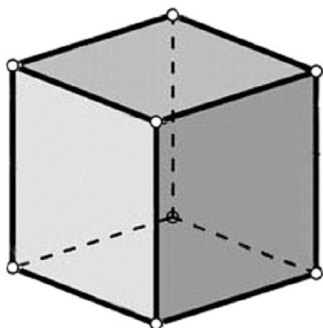
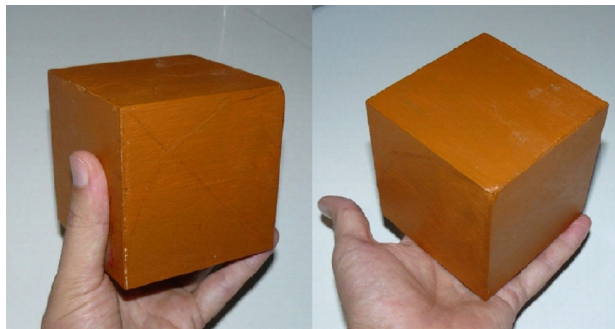
Este modelo es común a todo proceso de representación técnica, independientemente de la herramienta, procedimiento o técnica que se emplee para en la última fase del mismo, esto es la materialización de la representación. De hecho, siguiendo el mismo modelo, la representación podría materializarse mediante una expresión matemática, un dibujo plano, un modelo digital tridimensional, etc.

La materialización de la representación será una u otra en función de las herramientas y materiales disponibles en el momento histórico, del objetivo perseguido, etc. En la actualidad, aún se combinan dos formas gráficas de materialización de los resultados: el formato convencional del papel y el formato digital, pudiendo ser este en 2, 3 o incluso 4 dimensiones.

Como ejemplo sencillo que ilustre este proceso conceptual podemos recurrir a la representación de un dado de madera (Figura 3), siguiendo los pasos descritos:

- En primer lugar se estudia el objeto, que puesto que es real, puede explorarse a través de los sentidos.
- En segundo lugar se analiza su forma para identificar sus partes con elementos geométricos abstractos que se adecuen la más ajustadamente a la realidad.
- Por último se sustituyen los elementos materiales analizados que componen el dado, por elementos geométricos; las esquinas o vértices del mismo serán puntos, los bordes o aristas serán líneas rectas y las caras serán superficies planas de forma cuadrada. Sustituiremos el dado (elemento real) por un cubo (forma geométrica ideal).





Abstracción geométrica:

- vértices = puntos
- aristas = rectas
- caras = planos

Fig 3. Ejemplo de abstracción geométrica. 2012. Elaboración propia.

Materialización convencional de la representación

Una vez generado mentalmente el modelo geométrico ideal, la materialización que se realiza desde la GD convencional se lleva a cabo con la tecnología propia de la época, es decir, el dibujo plano sobre papel, pizarra, tablero, etc.

Ante la necesidad de representar sobre un elemento bidimensional (el plano) elementos tridimensionales, se hace uso de un nuevo procedimiento conceptual, la proyección, que realice la conversión tridimensional-bidimensional del objeto de representación (Figura 4).

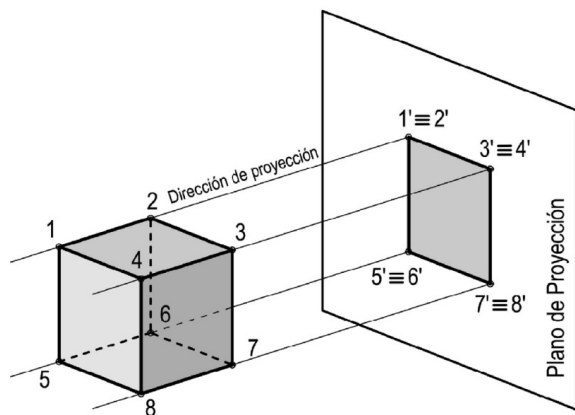


Fig 4. Proyección plana del modelo tridimensional. 2012. Elaboración propia.

Para determinar la proyección de un objeto la Geometría Descriptiva se vale de las operaciones básicas de la Geometría Proyectiva, proyectar y cortar. Pudiéndose utilizar diversos tipos de proyección en función de la finalidad de la representación.

Pero cuando un elemento se proyecta sobre un plano, se producen dos modificaciones sustanciales que se deben resolver si queremos restituir la representación para obtener el elemento real: una es la pérdida de la tercera dimensión y otra es la alteración de las dimensiones (de distancias, de ángulos, de posición...) producida en el proceso de proyección.

Para resolver estos problemas la GD se ve obligada a crear una serie de reglas y procedimientos conformando así lo que se conoce como Sistemas de Representación o Proyección, utilizándose varias proyecciones planas que, en su conjunto, proporcionen toda la información de la geometría espacial del objeto representado (Figura 5).

Una vez obtenida la representación plana, el resultado puede usarse como medio de comunicación gráfica con los demás, pero si se quiere extraer información geométrica, estudiar, manipular o modificar el objeto, de nuevo se hace necesario establecer procedimientos que, a través de la geometría plana, permitan estas operaciones.

El resultado de todo el proceso tiene un nivel de abstracción tal, que se requiere una importante formación especializada para ser capaz de entender y operar con este lenguaje cada vez que el sujeto se enfrenta a la representación. Una formación que está totalmente justificada cuando no existe otra tecnología más que la del dibujo plano.

Materialización de la representación en el CAD 3D

Una vez generado mentalmente el modelo geométrico ideal, la materialización que se realiza en los sistemas de CAD 3D consiste en construir gráfica y directamente el modelo geométrico espacial. Para ello, estos sistemas proporcionan un espacio virtual de trabajo donde poder llevar a cabo este procedimiento, que se concreta finalmente en un modelo geométrico digital (Figura 6).

El modelo geométrico digital contiene todas las características geométricas espaciales del objeto de representación por lo que, sin más operaciones, puede ser utilizado para la comunicación gráfica con los demás.

Si se quiere extraer información geométrica, estudiar, manipular o modificar el objeto, todo ello se puede hacer sobre el modelo digital tridimensional generado, sin que sea necesario establecer procedimientos de geometría plana para realizar operaciones.



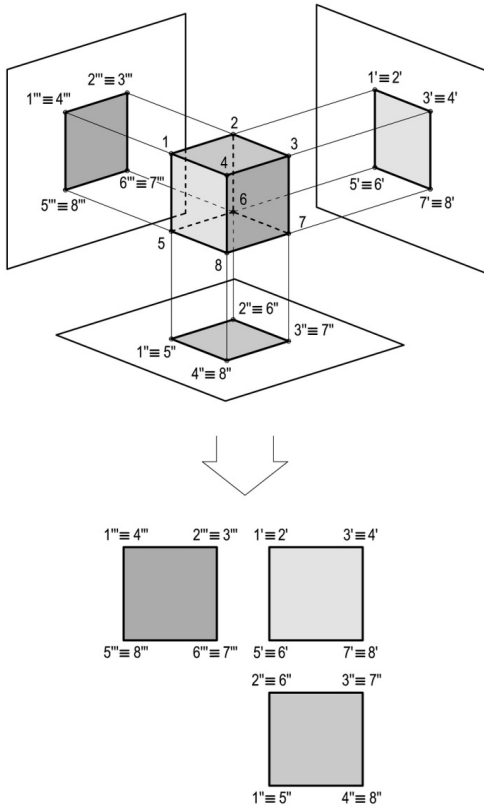


Figura 5. Sistema de Proyección y representación plana final del objeto. 2012. Elaboración propia.

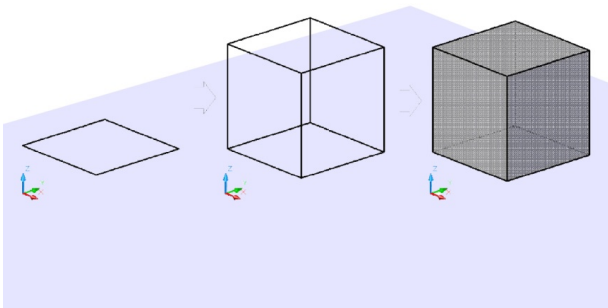


Fig 6 Generación y resultado del modelo geométrico digital (elaboración propia).

El resultado es una representación mucho más figurativa de la realidad, que no requiere una formación especializada para entenderla, aunque sí es necesaria una formación en el conocimiento de la Geometría del Espacio para su generación y posterior operación sobre el modelo. Formación que también es necesaria en la representación plana convencional, añadida a los procedimientos de geometría plana propios de cada Sistema de Representación o Proyección.

Los sistemas de CAD 3D ofrecen además la posibilidad de expresar de forma automática el resultado en cualquiera de los Sistemas de Representación plana convencional, sin necesidad de conocer más que las características y el concepto de representación de cada sistema.

CONCLUSIONES

El cometido último de la Geometría Descriptiva está vinculado a los objetos y cuerpos tridimensionales. El uso de la representación en dos dimensiones como procedimiento para llevar a cabo su cometido, responde a una situación coyuntural del momento histórico en el que se instauró como ciencia y a la tecnología para la representación existente en dicho momento.

El uso de sistemas de CAD 3D como herramienta procedimental para la Geometría Descriptiva, no sólo no modifica su cometido último, sino que amplía las posibilidades de la ciencia para abordar el estudio de nuevos campos prácticamente inalcanzables desde sus procedimientos convencionales.

Los sistemas de CAD 3D como herramienta de materialización de la representación técnica, proporcionan la ventaja de ser independientes a los procedimientos de geometría plana propios y necesarios para cada uno de los Sistemas de Representación convencionales. Además, permiten expresar de forma automatizada el resultado en cualquiera de los Sistemas de Representación convencionales más usados en el ámbito técnico.

El aprendizaje basado en los Sistemas de Representación convencionales requiere una importante inversión de tiempo para los procedimientos propios de cada sistema, que los sistemas de CAD 3D no requieren, puesto que el modelo tridimensional es único y se opera sobre él de la misma forma, independientemente del sistema final elegido para su expresión plana.

El ahorro de tiempo para el aprendizaje de la Geometría con el uso de los sistemas de CAD 3D, permite cumplir con los límites temporales establecidos por el ECTS, e incluso avanzar en conceptos y competencias de aplicación directa a al ámbito profesional, que la docencia convencional no permitiría incluir en su programación temporal.

Referencias bibliográficas

AAVV 2008 *Advances in Architectural Geometry*. Conference Proceedings AAG0. Vienna, Austria.

AAVV 2007 Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales.

Chen, DM 2000 'Application of 3D CAD for Basic Geometric Elements in Descriptive Geometry'. *Engineering Design Graphic Journal*, no.64, pp.10-17.

Croft, FM 1998 'The need (?) for descriptive geometry in a world of 3-D modeling'. *Engineering Design Graphic Journal*, vol. 3, no. 62, pp.4-8.

Issa, RRA et al 2003 *4D CAD and Visualization in Construction: Developments and Applications*. A. A. Balkema Publishers, University of Florida, Gainesville, USA.

Pottmann, H. et al 2007 *Architectural Geometry*. Bentley Institute Press, Exton (Pennsylvania).

Ryan, DL 1992 *CAD/CAE descriptive geometry*. CRC Press, Boca Ratón (Florida).

Standiford, K, Standiford, D 2000 *Descriptive geometry: an integrated approach using AutoCAD*. Delmar, Clifton Park (New York).

